

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-308832

(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.Cl. H02K 21/14
 H02K 1/27
 H02K 16/00
 H02K 21/16

(21)Application number : 10-111133

(71)Applicant : TSUJIKAWA KEIKO

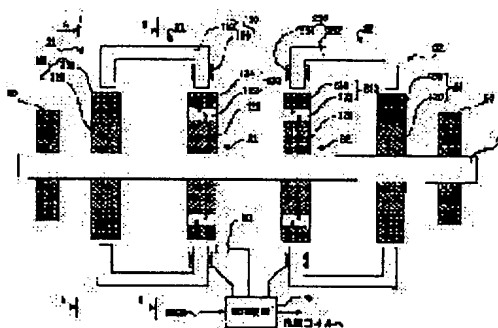
(22)Date of filing : 21.04.1998

(72)Inventor : KAWAI TERUO

(54) TORQUE GENERATING EQUIPMENT**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a torque generating equipment of high efficiency and high torque which uses the magnetic energy of permanent magnets.

SOLUTION: This torque generating equipment is provided with rotors R1, R2 having a plurality of salient poles 130, 230 having permanent magnets 132, 232, respectively, rotors R3, R4 having a plurality of magnetic material salient poles 330, 430, stators S1, S2 having electromagnets 150, 250 which are annularly arranged in parallel on the outer peripheries of the rotors R1, R3 and the rotors R2, R4, respectively, a rotating shaft 60 which rotatably retains the rotors R1, R2, R3, R4 inside the stators S1, S2, and current control equipment 40 which supplies exciting currents to the respective electromagnets 150, 250. By successively exciting the electromagnets 150, 250, a rotating force is applied to the rotors R1, R2. Different poles of the electromagnets 150, 250 apply attractive forces to the magnetic material salient poles 330, 430 and assist rotation.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-308832

(43) 公開日 平成11年(1999)11月5日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 2 K 21/14

H 0 2 K 21/14

M

1/27

5 0 1

1/27

5 0 1 A

16/00

16/00

21/16

21/16

M

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平10-111133

(22) 出願日

平成10年(1998)4月21日

(71) 出願人 597056785

辻川 慶子

東京都大田区西蒲田4-27-14

(72) 発明者 河合 輝男

東京都大田区西蒲田7-4-3-905

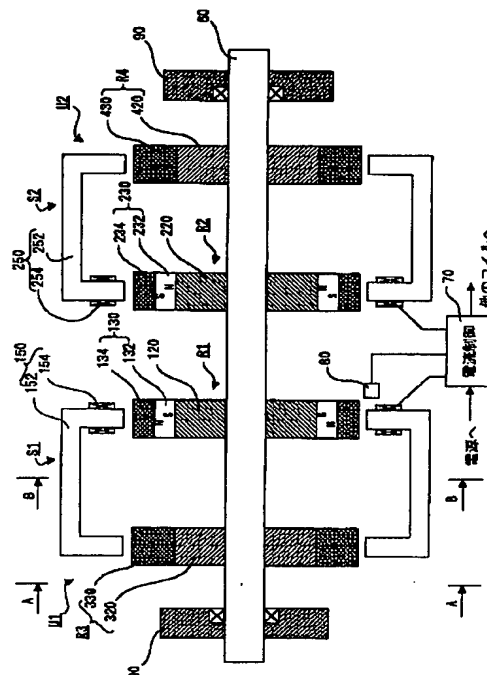
(74) 代理人 弁理士 一色 健輔 (外2名)

(54) 【発明の名称】 トルク発生装置

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石の磁気エネルギーを利用した高効率高トルクのトルク発生装置を提供する。

【解決手段】 それぞれ永久磁石132, 232を有する複数の突極130, 230を備えたロータR1, R2と、複数の磁性体突極330, 430を備えたロータR3, R4と、ロータR1, R3、及びロータR2, R4の外周囲にそれぞれ環状に並設された電磁石150, 250を有するステータS1, S2と、前記ロータR1, R2, R3, R4を前記ステータS1, S2の内側で回転自在に支持する回転軸60と、前記各電磁石150, 250に励磁電流を供給する電流制御装置70とを備える。電磁石150, 250を順次励磁することにより、ロータR1, R2に回転力を与える。電磁石150, 250の異極はロータR3, R4の磁性体突極330, 430に吸引力を与えて回転を補助する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに所定の間隔を隔てて回転軸に固設された複数の突極を有する第 1 及び第 2 のロータと、前記第 1 及び第 2 のロータからそれぞれ前記回転軸に沿って所定の間隔を隔てて前記回転軸に固設された複数の突極を有する第 3 及び第 4 のロータと、前記第 1 及び第 3 のロータのそれぞれの前記突極の外周に対向配置された両端部を有する第 1 のステータと、前記第 2 及び第 4 のロータのそれぞれの前記突極の外周に対向配置された両端部を有する第 2 のステータとを備え、前記第 1 乃至第 4 のロータの前記突極の少なくとも先端部には磁性体を配設し、前記第 1 及び第 2 のロータの前記突極に設けた前記磁性体の半径方向内側に永久磁石を配設して前記第 1 のロータの前記磁性体の外周端と前記第 2 のロータの前記磁性体の外周端とが異なった極性を示すようにし、前記第 3 及び第 4 のロータの前記突極に設けた前記磁性体の半径方向内側に非磁性体を配設し、前記第 1 及び第 2 のステータにコイルを巻設してそれぞれ電磁石とし、前記第 1 及び第 2 のステータの電磁石を所定のタイミング及び通電方向をもって励磁して、この電磁石に近接する前記ロータの前記突極に吸引力を作用させるようにしてなることを特徴とするトルク発生装置。

【請求項 2】 前記永久磁石は前記第 1 及び第 2 のロータの各突極の基部にそれぞれ設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載のトルク発生装置。

【請求項 3】 前記永久磁石は前記第 1 のロータと前記第 2 のロータとの間に介挿されていることを特徴とする請求項 1 に記載のトルク発生装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 この発明は、電動機等の電気的入力を機械的出力に変換する装置に係わり、特に永久磁石の磁気エネルギーを利用してトルク出力を得ることができるトルク発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、電気エネルギーを機械的な出力、例えばトルクとして取り出せるようにした変換システムとして、種々の電動機が開発されてきた。それら従来の電動機にあっては、ステータ、ロータのいずれか又は両方に電磁石が用いられており、それらの電磁石によって回転磁界を生成してロータを追従させるもの（例えば誘導電動機）、あるいは、永久磁石ステータの磁界中に極性反転制御を可能として設けられたロータを回転自在に配設し、ロータとステータとの間の磁束の相互作用によって回転力を得るもの（例えば一般的な直流電動機）などがある。

【0003】 このような在来の電動機については、永久

磁石から発生する磁束を利用してエネルギー変換効率を高めようとする試みが種々なされてきた。発明者らは、特に永久磁石が発生する磁束の分布を適切に制御することによって、出力トルクに抗して作用する磁気力を可及的に低減し、出力トルクの増大、電磁エネルギーから力学的エネルギーへの変換効率向上を達成すべく、さまざまな構成を有するトルク発生装置を試作開発してきた。例えば、本願発明者らによる特開平 7-7907 号公報は、回転子に永久磁石を付加することによって、エネルギー変換効率を高めることができる動力発生装置を提案している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、近年長期的なエネルギー供給事情が不透明さを増すとともに、大気汚染、温室効果等の環境保護問題の解決が急務となっている中で、電気エネルギーを極力有効に機械的エネルギーに変換できるような動力装置の開発は強く社会的に要請されるところとなっている。

【0005】 この発明は上記の事情に基づいてなされたもので、その目的は、永久磁石が持つ磁気エネルギーを有効に利用した高効率高トルクのトルク発生装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために、本願発明に係わるトルク発生装置は、互いに所定の間隔を隔てて回転軸に固設された複数の突極を有する第 1 及び第 2 のロータと、前記第 1 及び第 2 のロータからそれぞれ前記回転軸に沿って所定の間隔を隔てて前記回転軸に固設された複数の突極を有する第 3 及び第 4 のロータと、前記第 1 及び第 3 のロータのそれぞれの前記突極の外周に対向配置された両端部を有する第 1 のステータと、前記第 2 及び第 4 のロータのそれぞれの前記突極の外周に対向配置された両端部を有する第 2 のステータとを備え、前記第 1 乃至第 4 のロータの前記突極の少なくとも先端部には磁性体を配設し、前記第 1 及び第 2 のロータの前記突極に設けた前記磁性体の半径方向内側に永久磁石を配設して前記第 1 のロータの前記磁性体の外周端と前記第 2 のロータの前記磁性体の外周端とが異なった極性を示すようにし、前記第 3 及び第 4 のロータの前記突極に設けた前記磁性体の半径方向内側に非磁性体を配設し、前記第 1 及び第 2 のステータにコイルを巻設してそれぞれ電磁石とし、前記第 1 及び第 2 のステータの電磁石を所定のタイミング及び通電方向を持って励磁して、この電磁石に近接する前記ロータの前記突極に吸引力を作用させるようにしてなる。

【0007】 好ましくは、前記永久磁石は前記第 1 及び第 2 のロータの各突極の基部にそれぞれ設けられる。

【0008】 また好ましくは、前記永久磁石は前記第 1 のロータと前記第 2 のロータとの間に介挿される。

【0009】 このように構成することによって、前記第

1 及び第 2 のステータを構成している電磁石がいずれも非励磁の状態では、前記第 1 及び第 2 のロータの突極から放出される磁束が開放状態、いわゆるオープンフラックスの状態となっている一方、第 1 及び第 2 のステータの電磁石が励磁されると、この開放状態とされていた磁束が近接する異極性に励磁された電磁石の一方の磁極に対して容易に収束して両者の間に磁氣的吸引力を生じさせるので、励磁電磁石を順次所定の方に切り換えていくことにより前記第 1 及び第 2 のロータに回転力が付与される。また、励磁電磁石の前記第 3 及び第 4 のロータと対向する部分には他方の磁極が現れ、これら第 3 及び第 4 のロータの突極を構成する磁性体と前記励磁電磁石の磁極との間にやはり磁氣的吸引力が発生するので、前記第 1 及び第 2 のロータと励磁電磁石との間に作用する磁気吸引力と同等の強さは得られないものの、ロータの回転力として寄与するので、エネルギー変換効率が高まる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、この発明の一実施形態について、添付図 1～図 7 を参照して詳細に説明する。図 1 及び図 2 は、本発明の一実施形態に係わるトルク発生装置の概略構成を示す側断面図及び正面図である。なお、これらの図においては、本装置の基本的な構成と作用とを明瞭にするため、装置のハウジングなど、本質的でないと思われるものについては図示を省略している。

【0011】本実施形態のトルク発生装置は、4 枚のロータ、すなわち第 1 のロータ R 1、第 2 のロータ R 2、第 3 のロータ R 3、及び第 4 のロータ R 4 を有する。また、前記第 1 のロータ R 1 及び第 3 のロータ R 3、前記第 2 のロータ R 2 及び第 4 のロータ R 4 の外周側面には、それぞれ複数の電磁石 150、250 が環状に並設されており、それぞれ第 1 のステータ S 1、第 2 のステータ S 2 を構成している。

【0012】第 1 のロータ R 1 及び第 2 のロータ R 2 は、それぞれ磁性材料を用いて略円板状に形成されてなるロータコア 120、220 と、それぞれのロータコア 120、220 の外周縁に沿って 60° ピッチで形成された 6 個の突極 130、230 とを有する。ロータコア 120、220 は、例えば鉄等の磁性材料を用いて一体的に形成してもよいが、そのような磁性材料によって形成された同一形状の薄板を積層して用いれば、ロータコア 120、220 内部での渦電流発生を抑制することができ、本装置が動作中の渦電流による損失を低減することができる。

【0013】第 1 のロータ R 1 及び第 2 のロータ R 2 に設けられている突極 130、230 は、それぞれ永久磁石 132、232 と磁性体ヘッド 134、234 とからなる。永久磁石 132、232 は直方体状の外形を有しており、ロータコア 120、220 の外周側面にロータの径方向端部がそれぞれ反対極性を有する磁極となるよ

うに配置され固設されている。すなわち、図 1、図 2 の第 1 のロータ R 1 に設けられた突極 130 にあつては、それぞれの永久磁石 132 はロータコア 120 に近い方が S 極に、ロータコア 120 から遠い方が N 極になるように配設されている。また、第 2 のロータ R 2 についてはこれと逆向きに、それぞれの永久磁石 232 はロータコア 220 に近い方が N 極に、ロータコア 220 から遠い方が S 極になるように配設されている。

【0014】一方、第 3 のロータ R 3 及び第 4 のロータ R 4 は、それぞれ略円板状に形成されたロータコア 320、420 と、それぞれのロータコア 320、420 の外周側面に沿って 60° ピッチで配設された突極 330、430 とを備えている。ロータコア 320、420 は非磁性材料、例えばアルミニウムなどを用いて形成されている。各突極 330、430 は略角柱状に形成された磁性材料であつて、前記第 1 のロータ R 1 及び第 2 のロータ R 2 の突極 130、230 と概ね同じ形状寸法を有している。

【0015】上記のロータ R 1 乃至 R 4 は、この順番にそれぞれ所定の間隔を隔てて回転軸 60 に同軸に固設されている。その際、それぞれのロータ R 1～R 4 は、その突極 130、230、330、430 が互いに同位相となるように位置決めされる。そして、第 1 のロータ R 1 とそれに隣接する第 3 のロータ R 3、及び第 2 のロータ R 2 とそれに隣接する第 4 のロータ R 4 が、それぞれユニットを構成する。ここでは、以下の説明の便宜上、前者を第 1 のユニット U 1 と、後者を第 2 のユニット U 2 と称することにする。なお、これらロータ R 1、R 2、R 3、R 4 については、軸方向に沿って図 1 に示す以外の配列としてもよい。また、必ずしもロータ R 1、R 2、R 3、R 4 のそれぞれの突極 130、230、330、430 が同位相となるように配置しなくてもよい。

【0016】前記回転軸 60 は、その両端部が軸受 90 によって回転自在に支持されている。この実施形態にあつては、回転軸 60 の材料としては所望の機械的な強度を考慮してステンレス鋼を採用している。

【0017】前記各ユニット U 1、U 2 の外周側面には、それぞれ第 1 のステータ S 1 と第 2 のステータ S 2 とが設けられている。前述したように、それぞれのステータ S 1、S 2 は、環状に 30° ピッチで配設された 12 個の電磁石 150、250 からなる。各電磁石 150、250 は強磁性体で形成されたアーマチャー 152、252 と、各アーマチャー 152、252 の周囲に巻回されたコイル 154、254 とからなり、それぞれのコイル 154、254 は後述する電流制御装置 70 の出力に電氣的に接続されている。

【0018】図 1 及び図 2 に示されているように、本実施形態に係る電磁石 150、250 は、それぞれ略コ字状の部材として形成されており、各電磁石 150、250

0 の一方の屈曲部端部が、第 1 のステータ S 1 にあっては第 1 のロータ R 1 の突極 130 に、第 2 のステータ S 2 にあっては第 2 のロータ R 2 の突極 230 にそれぞれ対向するように配設されている。そして、他方の屈曲部端部が第 1 のステータ S 1 にあっては第 3 のロータ R 3 の突極 330 に、第 2 のステータ S 2 にあっては第 4 のロータ R 4 の突極 430 にそれぞれ対向するように配設されている。コイル 154、254 は、各アーマチャー 152、252 の一方の屈曲部、すなわち第 1 のロータ R 1 及び第 2 のロータ R 2 の側の屈曲部に巻回されている。

【0019】なお、添付図においては各電磁石 150、250 が互いに独立して設けられているように図示しているが、各電磁石 150、250 のアーマチャー 152、252 が互いに接続されるようにしてもよい。例えば、環状のヨークに 12 個の内方へ突設される突起部を形成し、それらをアーマチャー 152、252 としてそれぞれにコイル 154、254 を巻回して電磁石 150、250 をそれぞれ形成するようにしてもよい。

【0020】第 1 のユニット U 1 と第 2 のユニット U 2 とは、互いに独立した磁気回路を構成するように設置される。これは、前記第 1 のユニット U 1 に含まれる第 1 のステータ S 1 の電磁石 150 と前記第 2 のユニット U 2 に含まれる第 2 のステータ S 2 の電磁石 250 とから放出された磁束がそれぞれ別個に閉じた磁気回路を構成することによって、それらの磁束の一部がロータ R 1 ～ R 4 との間の相互作用に寄与しなくなるのを防ぐためである。また、電流オフ時にあっては、前記第 1 のロータ R 1 の突極 130 に設けられている永久磁石 132 が径方向外方に放出する磁束と前記第 2 のロータ R 2 の突極 230 に設けられている永久磁石 232 が径方向外方に放出する磁束とが結合して閉じた磁気回路を構成するのを防止している。電流オフ時にこのような永久磁石 132、232 間の閉じた磁気回路が形成されていると、励磁電流オン時に電磁石 150、250 に発生する磁気エネルギーがまず前記閉じた磁気回路を構成しているそれぞれの磁束を解放するのに消費され、ロータ R 1 ～ R 4 が起動しにくくなるためである。

【0021】前記電磁石 150、250 への励磁電流を制御する手段である電流制御装置 70 は、前記それぞれの電磁石 150、250 のコイル 154、254 に供給される励磁電流の向きとその切換タイミングを制御するための電流スイッチング装置であり、トランジスタ、サイリスタ等の電流スイッチング素子と、それらのスイッチング素子のオンオフを制御するための制御回路とから構成されている。この実施形態で第 1 のロータ R 1 の突極 130 の近傍に配設されている回転角センサ 80 は、第 1 のロータ R 1 の回転角度を検出するために設けられており、例えば所定の切欠き形状の遮光板（図示せず）と組合せた光センサなど、既存の種々のセンサが適宜用

いられる。この回転角センサ 80 の出力信号は、前記電流制御装置 70 の制御回路に入力され、第 1 のロータ R 1 の回転角度に応じて前記電流スイッチング素子のオンオフを制御するためのトリガ信号として使用される。

【0022】次に、図 2 ～ 図 6 を参照して、上記の構成を有する本発明の一実施形態に係わるトルク発生装置の作用を説明する。なお、これらの図 2 乃至図 6 にあっては、図 1 の A-A 矢視図及び B-B 矢視図のみ、すなわち第 1 のユニット U 1 に含まれる第 1 及び第 3 のロータ R 1、R 3、及び第 1 のステータ S 1 の作用のみを示している。これは、図示及び説明の簡略化を図るため、磁極の極性をそれぞれ置き換えれば、第 2 のユニット U 2 についてもまったく同様の作用となる。

【0023】まず、図 2 は、第 1 のステータ S 1 を構成する電磁石 150 のいずれにも励磁電流が供給されていない状態、すなわちいずれの電磁石 150 も励磁されていない状態であって、いわば電源オフの時の状態を示している。この状態にあっては、第 1 のロータ R 1 の突極 130 がそれぞれ第 1 のステータ S 1 のいずれかの電磁石 150 に吸引されてほぼ対向する位置に第 1 のロータ R 1 が位置している。このとき、各突極 130 に配設されている永久磁石 132 の N 極から磁性体ヘッド 134 を通じて対向する電磁石 150 のアーマチャー 152 に磁束が流れ込み、永久磁石 132 の磁気力とアーマチャー 152 の透磁率とに応じてアーマチャー 152 は磁化されている。なお、図 2 ～ 図 6 に「細かいドットの集合」で示されている領域は、永久磁石及び電磁石の磁束分布を模式的に示している。したがって、言うまでもないが、図中に示されている磁束の範囲及び強度は説明のためにのみ設定されたものであって、実際の磁束分布の様相を定量的に示すものではない。

【0024】次に、図 3 は、装置を起動すべく第 1 のステータ S 1 の所定の電磁石 150 を励磁した起動初期状態を示している。前記のとおり、この実施形態の装置では、第 1 のステータ S 1 側の電磁石 150 が 12 個、第 1 のロータ R 1 側の突極 130 が 6 個、それぞれ等ピッチで設けられているので、図示のとおり、第 1 のステータ S 1 の電磁石 150 は 1 個おきに第 1 のロータ R 1 の突極 130 と向かい合うことになる。起動初期状態においては、第 1 のステータ S 1 側電磁石 150 のうち、第 1 のロータ R 1 の突極 130 の間に位置している電磁石 150 が、各突極 130 の永久磁石 132 の磁極と反対極性に、すなわち S 極に励磁される。このときの各電磁石 150 に供給される励磁電流は、前記のように、電流制御装置 70 によって制御される。このように第 1 のロータ R 1 の突極 130 の間に位置している電磁石 150 が S 極に励磁されると、各突極 130 の永久磁石 132 が放出する磁束は、図 3 に示されているように、もっとも近接する励磁電磁石 150 に向けて収束し、両者の間に磁気吸引力が作用する。この磁気吸引力は、第 1 のロ

ータR1に対して周方向に、つまり第1のロータR1を時計回りに回転させるように作用し、これにより第1のロータR1は時計方向に回転し始める。

【0025】一方、第3のロータR3について見ると、図3(A)に示されているように、第3のロータR3の隣接する突極330の間に位置する各電磁石150のアーマチャー152の端部は、N極に磁化されている。この電磁石150のN極から出る磁束はもともと近接する突極330を磁化し、両者の間に磁気吸引力が作用するから、各突極330は、第3のロータR3の周方向右向きに力を受ける。この電磁石150から受ける磁気吸引力によって第3のロータR3は時計回りに回転する向きのトルクを得、これと同軸に回転軸60に固設されている前記第1のロータR1が電磁石150から受ける回転力を補助するように作用する。この場合、第3のロータR3の突極330には前記第1のロータR1の突極130とは異なり永久磁石が設けられていないため、突極330と電磁石150(図3(A)におけるアーマチャー152)との間に作用する磁気吸引力は前記第1のロータR1の突極130と励磁電磁石150との間に作用する磁気吸引力と比較して弱い、第1のロータR1に回転力を与える電磁石150の一方の極と他方の反対極とが共に回転に寄与するため、装置のエネルギー変換効率を向上させることになる。

【0026】このように、所定の電磁石150に励磁電流が供給されて励磁されると、第1のロータR1の各突極130に設けられた永久磁石132から放出される磁束はもともと近接して位置する電磁石150に向けて収束される。これに伴って、収束されたそれぞれの磁束のロータ回転方向後方には、磁束分布が非常に疎な領域、いわば磁気的空白域が生じている。

【0027】次に、回転軸60とこれに固設されている第1のロータR1及び第3のロータR3が時計回りに15°回転すると、それぞれ図4(A)、(B)に示す状態になる。第1のロータR1のそれぞれの突極130は、回転方向前方に位置する励磁電磁石150と、回転方向後方に位置する非励磁電磁石150との中間付近にきており、引き続き時計回り前方に位置する異なる磁極に磁化された励磁電磁石150に吸引され、これにより第1のロータR1は回転し続ける。また、第3のロータR3の突極330も、励磁された電磁石150からの磁気吸引力を引き続き受けて、第1及び第3のロータR1、R3の時計方向の回転に寄与する。この際、前記磁性体ヘッド134の内部にあって、第1及び第3のロータR1、R3の回転方向前方に位置している励磁電磁石150に向けて収束された磁束の後方においては、前記のとおり磁束分布が非常に疎になっている。したがって、第1のロータR1の突極130とその回転方向後方の非励磁電磁石150との間には、第1及び第3のロータR1、R3の時計方向の回転を妨げるような磁気吸引

力はほとんど作用しない。このため、永久磁石132が有する磁気エネルギーは、第1のロータR1の回転に有効に利用される。

【0028】第1及び第3のロータR1、R3が図4の状態からさらに15°時計方向に回転すると、図5の状態となる。第1及び第3のロータR1、R3それぞれの突極130、330は、励磁された電磁石150にほぼ対向する位置に達している。この状態では、図示のとおり、第1のロータR1の突極130及び第3のロータR3の突極330と励磁電磁石150との間に働く磁気吸引力は第1及び第3のロータR1、R3の半径方向に作用しており、もはやこれらのロータR1、R3を回転させるための駆動力として有効に機能しない。そこで、ここまで励磁されていた電磁石150の各コイル154への通電を遮断し、それら電磁石150のロータ回転方向前方にそれぞれ位置している非励磁状態の電磁石150のコイル154に励磁電流を供給してこれらを励磁する。これにより、第1のロータR1及び第3のロータR3は、図6に示される状態となる。これは前記図3に図示されている第1及び第3のロータR1、R3を時計方向に30°ずらした状態に相当し、第1のロータR1の各突極130と第3のロータR3の各突極330には、それぞれの時計方向前方に位置する新たに異極性に励磁された電磁石150との間に作用する磁気吸引力によって再び回転駆動力が付与され、第1及び第3のロータR1、R3は時計方向の回転を持続することができる。

【0029】なお、第1のステータS1に含まれる電磁石150のコイル154への励磁電流を切換えるタイミングは、第1のステータS1の極数(第1のステータS1に設けられている電磁石150の数) n によって定まり、一般に $(360/n)^{\circ}$ 毎に切り替える必要がある。したがって、この実施形態にあっては第1のステータS1の極数 $n=12$ であるから、上記の説明のように $(360/12)=30^{\circ}$ 毎に励磁されるステータ側電磁石150を時計方向に切り換えていくことになる。ただし、この励磁電磁石150を切り換えていく方向は、所望のロータ回転方向にしたがって定めればよいことは言うまでもない。

【0030】また、上記説明の中では、第1のロータR1のそれぞれの突極130が異極に励磁された電磁石150とほぼ対向したときに励磁電磁石150を切り換えるものとしたが、より厳密には、異極性に励磁されている電磁石150に各突極130が接近していく際の磁束分布の変化を有限要素法を用いて逐次解析するなどの手法を採用したり、電磁石150の励磁切換タイミングをパラメータとして出力特性を測定比較したりすることによって、出力トルクの増大やエネルギー変換効率の向上だけでなく、トルク変動抑制等の他の要素を加味して最適な励磁電流切換タイミングを見出すことが可能である。そして、ロータR1の回転角を検出する前記回転角

センサ 80 の出力信号がその最適化条件を満たすように、センサ 80 の設定条件を合わせればよいのである。

【0031】次に、この発明の他の実施形態について説明する。図 7 は、他の実施形態に係るトルク発生装置の概略構成を示す側断面図で、前記の実施形態における図 1 に対応する。図 7 に示されているように、この実施形態に係るトルク発生装置は、前出の実施形態のものと比較して、第 1 及び第 2 のロータ R1、R2 の構成が異なる。すなわち、第 1 の実施形態にあつては、第 1 及び第 2 のロータ R1、R2 に設けられた磁性材料からなる突極 130、230 それぞれの基部に、各突極 130、230 を磁化するための永久磁石 132、232 が設けられていたが、本実施形態では、それらの永久磁石 132、232 に代えて、第 1 及び第 2 のロータ R1、R2 の間に中空円筒状の永久磁石 132' が配設されている。

【0032】この中空円筒状の永久磁石 132' は、その軸方向両端部が互いに反対極性の磁極を有するように磁化されており、回転軸 60 に嵌挿されて、その両端に第 1 及び第 2 のロータ R1、R2 がそれぞれ密接して配置されている。図 7 にあつては、永久磁石 132' の軸方向左端部が N 極、軸方向右端部が S 極になるように着磁されている。この場合、ロータコア 120、220 はいずれも磁性材料で形成されており、永久磁石 132' の左端部に密接される第 1 のロータ R1 及びその突極 130 は N 極に、また永久磁石 132' の右端部に密接される第 2 のロータ R2 及びその突極 230 は S 極に磁化されている。本実施形態の構成は、前記第 1 の実施形態と異なり、各突極 130、230 の基部にそれぞれ永久磁石 132、232 を設ける必要がないので、各ロータ R1、R2 の構成を簡易化することができる。これにより、部品点数や加工工数を減らし、この実施形態に係る装置の製造コストを低減することができる。

【0033】このような前記第 1 実施形態と異なる構成を有する本実施形態の装置にあつても、永久磁石 132' から放出される磁束は各ロータ R1、R2 のそれぞれの突極 130、230 内で近接する励磁電磁石 150、250 に向けて収束されるので、励磁電磁石 150、250 を順次切り換えていくことによって、前記第 1 実施形態の図 3 乃至図 6 について説明したのと同様の作用効果を奏するのである。

【0034】

【実施例】次に、この発明の一実施例に係るトルク発生装置について、図 8～図 10 を参照して説明する。図 8 は、この発明の実施例に係るトルク発生装置 G の一部破断側断面図、図 9 は図 8 の IX-IX 線から見た矢視図である。なお、これらの図中で、前出の図 1～図 7 に図示した前記本願発明の第 1 及び第 2 の実施形態に係わるトルク発生装置と同一の要素には同一の参照符号を付してある。

【0035】この実施例に係るトルク発生装置 G は、主として、第 1 及び第 2 のステータ S1、S2 と、それぞれのステータ S1、S2 との間に磁気的な相互作用を生じさせるべく配設された第 1 及び第 3 のロータ R1、R3 と、第 2 及び第 4 のロータ R2、R4 と、それらを収納するケーシング 500 とを備えている。第 1 及び第 2 のステータ S1、S2 は、それぞれステータ側の磁極を構成すべく環状に等ピッチで配設された各 12 組の電磁石 150、250 を有している。また、第 1 及び第 2 のロータ R1、R2 は、それぞれ回転磁極を構成する 6 組の永久磁石 132、232 を備えている。なお、上記ステータ S1、S2 を構成する各電磁石 150、250 への励磁電流の供給を制御する励磁制御手段のうち、前記実施形態における電流制御装置 70 については図示を省略した。

【0036】まず、第 1 乃至第 4 のロータ R1～R4 について説明する。第 1 及び第 2 のロータ R1、R2 は、それぞれ回転軸 60 に固設された円筒状のロータコア 120'、そのロータコア 120' の外周側面に沿って 60°ピッチで配設された永久磁石 132、232、及びそれら永久磁石 132、232 の各々の外周側端面に固着された磁性体ヘッド 134、234 を備えている。

【0037】ロータコア 120' は略中空円筒状の部材であり、回転軸 60 に嵌装されて図示を略するキー等の固定手段によって回転軸 60 に固定されている。このロータコア 120' の外周に、その長手方向一端部に周方向に沿って 60°ピッチで 6 個所の凹部が設けられている。また、ロータコア 120' の長手方向他端部には、やはり周方向に前記一端部に設けられた凹部と対応させて 6 個所の凹部が設けられている。前記ロータコア 120' の一端部に設けられた各凹部のそれぞれには直方体状の永久磁石 132 が嵌挿され、適宜の接着剤等を用いて固着されている。図 8 の場合には、各永久磁石 132 について、ロータコア 120' に接する側が S 極に、ロータコア 120' から離れた側が N 極となるように配置されている。一方、ロータコア 120' の他端部に設けられた凹部のそれぞれには同じく直方体状の永久磁石 232 が固着されている。図 8 にあつては、永久磁石 232 はそれぞれロータコア 120' に接する側が N 極に、ロータコア 120' から離れた側が S 極となるように配置されている。すなわち、ロータコア 120' に設けられている永久磁石 132 と永久磁石 232 とは、ロータコア 120' の外周側に沿って同相に配列されており、互いに極性配置が異なることになる。

【0038】上記永久磁石 132 及び 232 の径方向外方側の面には、磁性体ヘッド 134、234 がそれぞれ接着剤等の適宜の手段をもって固着されている。各磁性体ヘッド 134、234 は各永久磁石 132、232 から放出される磁束の磁路を形成するもので、適当な磁性材料の中から選定して用いばよい。形状寸法は装置の

設計条件に応じて適宜定めればよいが、これら磁性体ヘッド134、234のロータR1、R2の径方向の厚みは、前記ステータS1、S2に含まれるいずれかの電磁石150、250が励磁されたときに、それらに十分磁束が収束され得るように検討して決定される。この実施例にあっては、一例として各磁性体ヘッド134、234の厚みが最大値で7mmとなるようにした。なお、図9に明らかに示されているように、各磁性体ヘッド134、234のロータR1、R2の軸方向から見た断面形状は非対称としており、回転方向（図9における時計回りの方向）に向けて突出する部分を設けている。これは、ステータS1、S2の電磁石150、250を励磁したときにこの突出部分に容易に永久磁石132、232と各励磁電磁石150、250との間の磁束が収束して所定の回転方向へ安定して始動できるようにしたためである。ただし、このような磁性体ヘッド134、234の突出部を形成することは、本発明に関して必須のものではない。

【0039】第1のロータR1の突極130を構成する永久磁石132及び磁性体ヘッド134は、図8に示すように、端板150a、150bによって挟持され、前記磁性体ヘッド134に挿通されたピンとその両端からねじ込み可能とされているナットとからなる締結具140によって緊締される。また、第2のロータR2の突極230を構成する永久磁石232及び磁性体ヘッド234は、同様に端板250a、250bによって挟持され、締結具240によって緊締される。これは、各永久磁石132、232、及び磁性体ヘッド134、234がロータR1、R2の回転中に遠心力や振動など機械的な外力によってロータコア120'から離脱するのを防止するためである。

【0040】それぞれの端板150a、150b、250a、250bは、永久磁石132、232、磁性体ヘッド134、234を含めたロータR1、R2の外周縁の輪郭、すなわち60°ピッチで突極130、230に相当する突出部を備えた平面形状を有している。また、各端板150a、150b、250a、250bには、ロータコア120'への取付位置に応じて形成された内径を有する孔部が設けられている。なお、前記したような接着剤等により永久磁石132、232、及び磁性体ヘッド134、234がそれぞれロータコア120'に対して所望の強度を保持して固着されるのであれば、前記のような締結具140、240による固定は不要である。また、本実施例のように補助的な固定手段を併用する場合であっても、必ずしもこの実施例のような締結具140、240を用いる必要はない。

【0041】次に、第3及び第4のロータR3、R4について説明する。これらのロータR3、R4は、それぞれ略円筒状のロータコア320、420、及びその外周側面に沿って固設された磁性体ヘッドからなる突極33

0、430を備えている。前記ロータR1、R2と同様に、各ロータコア320、420の外周側面には60°ピッチで6個所の凹部が形成されており、これらの凹部のそれぞれに前記永久磁石132、232と磁性体ヘッド134、234とを各々一体とした形状寸法を有する突極330、430が接着剤等の適宜の手段を用いて固着されている。

【0042】第3のロータR3の突極330は、図8に示すように、端板350a、350bによって挟持され、前記突極330に挿通されたピンとその両端からねじ込み可能とされているナットとからなる締結具340によって緊締される。また、第4のロータR4の突極430は、同様に端板450a、450bによって挟持され、同様に締結具440によって緊締される。このような構成とするのは、上記した第1及び第2のロータR1、R2に関してと同様の理由による。したがって、必ずしも第3及び第4のロータR3、R4についてこのような固定手段を採用する必要はなく、またこの実施例に示す以外の適宜の固定手段を用いることもできるものである。

【0043】なお、上記の各端板350a、350b、450a、450bは前記第1及び第2のロータR1、R2に用いられる端板150a、150b、250a、250bとそれぞれ同等の構成を有しているが、それぞれの孔部の内径は取付部位にしたがって適宜変更されている。（例えば、図8において、端板350bの内径は、回転軸60の外径に略等しくなるように形成されている。）

以上説明した第1乃至第4のロータR1～R4が取り付けられる回転軸60には、各ロータの取付位置の基準となる大径部60aが形成されている。図8において、大径部60aの左側にはスペーサ62及びブッシュ64を介して第3のロータR3が嵌装され、図示しないキー等の固定手段をもって回転軸60に固設される。また、大径部60aの右側にはまず第1及び第2のロータR1、R2が嵌装され、次いでスペーサ62及びブッシュ64を介して第4のロータR4が嵌装され、それぞれキー等の図示しない固定手段によって回転軸60に固設される。なお、上記のスペーサ62及びブッシュ64は、第1乃至第4のロータR1～R4をそれぞれ回転軸60の軸方向について位置決めするために設けられている部材であって、形状寸法及び材質は設計上適宜に選定してよい。また、場合によっては、第1乃至第4のロータR1～R4と回転軸60とを含む回転体のダイナミックバランスを調整する部材を兼用させてもよい。

【0044】上記回転軸60は、装置Gのケーシング500に固設された軸受90、90によって、回転自在に支持されている。軸受90の形式は、回転軸の設計回転速度、負荷荷重などの条件に応じて適宜選定されてよい。

【0045】上記ケーシング500は、比較的薄肉の中空円筒状に形成された胴部500aと、その両端開口部を閉止する端板500bとを備えてなる。各端板500bは、ねじ500cによって前記胴部500aに締結されている。

【0046】次に、第1及び第2のステータS1、S2について説明する。なお、第1のステータS1と第2のステータS2とは互いに同一の構成を有しているので、ここでは主として第1のステータS1について述べる。第1のステータS1は、前記ケーシング500の胴部500aの内周側面に沿って30°ピッチで配設された12組の電磁石150を有する。

【0047】各電磁石150は、アーマチャー152と、その外周に巻回されたコイル154、354とからなる。なお、一方のコイル354（第2のステータS2にあってはコイル454。）は種々の実験に用いるために設けられている予備コイルであって、この実施例においては通電されないダミーである。

【0048】アーマチャー152は、コア152a、152cと、それらのコア152a、152cを接続するヨーク152bとからなり、全体としてコ字状の部材として形成されている。コア152a、152cは、ヨーク152bとねじ500dによって固接されているが、接着剤等の他の手段を用いてもよい。また、アーマチャー152を一体の部材として形成することもできる。

【0049】コア152a、152cは、それぞれ第1のロータR1の突極130、第3のロータR3の突極330とほぼ対向し得るように配置され、各々ケーシング500の胴部500aの内周側面に対して固定されている（本実施例では固定手段としてねじ500eを用いているが、他の構成によってもよい。）。言い換えれば、第1のロータR1、第3のロータR3の外周を取り囲むように、電磁石150が環状に配設される。上記コア152a、152c、及びヨーク152bの材質や形状寸法は、設計条件に応じて適宜定められる。また、コイル154に使用される線材やその巻数などの仕様も、設計条件に従って決定すればよい。なお、第1の実施形態によって説明したように、各電磁石150は互いに独立した磁気回路を有するように構成されており、これにより各コイル154を励磁したときに電磁石150で生成される磁束が他の非励磁の電磁石150に回り込むことなく、永久磁石132の磁束との間に有効に相互作用を生じさせることができる。

【0050】なお、先に述べたように、第2のステータS2も図8に示されているとおり、上記第1のステータS1と同等の構成を有している。第2のステータS2は、前記第1のステータS1と同位相となるように、回転軸60の軸方向に所定の間隔を隔てて、かつケーシング500の胴部500aの内周側面に沿って取り付けられた12組の電磁石250からなる。この第2のステータ

S2を構成する各電磁石250のアーマチャー252は、そのコア252a、252cがそれぞれ第2のロータR2及び第4のロータR4の突極230、430とほぼ対向し得るように配置されている。

【0051】ケーシング500の一方の端板500bには、支持枠530を介して励磁制御手段の一部である2個の光センサ600が取り付けられている。また、ケーシング500の一方の端板500bから突出する回転軸60の端部には、固定ナット620によって遮光板610がそれぞれ固設されている。

【0052】光センサ600としては、発光ダイオード(LED)とフォトランジスタを組合せて受光の有無を検出するタイプのセンサを使用しているが、これに関わらず、在来種々の検出方式のものを用いてもよい。遮光板610は、上記光センサ600の出力を回転軸60の回転角に応じて制御するためのトリガを与えるべく設けられた略円板状の薄板である。本実施例における一例を図10に示す。図10の遮光板610には、その外周縁に沿って等ピッチに6個所の突起部610aが形成されており、これらが前述の光センサ600の受光部に介在したときにそのセンサ部の光を遮断するように構成されている。各突起部610aの中心角はほぼ30°に設定されているので、光センサ600は回転軸60が30°回転する毎にオンオフを繰り返すことになる。すでに第1の実施形態に関して説明したように、第1及び第2のロータR1、R2の突極130、230が常に回転方向に吸引されるような磁気力を与えるためには、第1及び第2のステータS1、S2を構成する電磁石150、250の配設ピッチ、すなわちこの実施例においては30°毎に順次励磁する電磁石を切り換えていく必要があり、前記光センサ600の出力はその切換タイミングを与えるトリガとして図示を略す電流制御装置70に入力される。それにより、電磁石150、250のコイル154、254に供給される励磁電流は、30°毎に順次回転方向に隣接する電磁石150、250に切り換えられる。

【0053】以上説明した構成によって、この実施例に係わるトルク発生装置Gは前出の第1の実施形態に係る装置に関すると同様の作用効果を奏し、トルクを発生するのである。なお、第1及び第2のステータS1、S2を構成する各電磁石150、250に対して供給される励磁電流をどのように制御するかについてはその説明を略したが、前記遮光板610と光センサ600との組合せによる回転軸60の回転角検出手段から得られる出力信号に基づいて、所定のタイミングで励磁電流を供給する電磁石を切り換えることは、パワートランジスタなどの素子を用いたスイッチング回路によって種々の形態で実現できるものである。また、回転軸60の回転角検出手段としても、本実施例で例示したもの他、近接スイッチ、各種のロータリエンコーダなどを採用することが

できる。

【0054】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明に係わるトルク発生装置によれば、第1及び第2のステータを構成している電磁石がいずれも非励磁の状態では、第1及び第2のロータの突極に設けられた永久磁石から放出される磁束が開放状態、いわゆるオープンフラックスの状態となっている一方、前記第1及び第2のステータのいずれかの電磁石が励磁されると、この開放状態とされていた永久磁石の磁束が近接する異極性に励磁された電磁石の磁極に対して容易に収束して両者の間に磁氣的吸引力を生じさせるので、励磁電磁石を順次所定の方に切り換えていくことにより永久磁石の有する磁気エネルギーが有効に第1及び第2のロータの回転力に転換される。

【0055】また、励磁電磁石の反対極が現れる前記電磁石の第3及び第4のロータとの対向部分については、これらロータの突極を構成する磁性体と励磁電磁石の磁極との間にやはり磁氣的吸引力が発生するので、前記第1及び第2のロータと励磁電磁石との間に作用する磁気吸引力と同等の強さは得られないものの、ロータの回転力として寄与し、エネルギー変換効率が高まる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係わるトルク発生装置の構成を示す図その1である。

【図2】本発明の一実施形態に係わるトルク発生装置の構成を示す図その2である。

【図3】本発明の一実施形態に係わるトルク発生装置の作用を示す図その1である。

【図4】本発明の一実施形態に係わるトルク発生装置の

作用を示す図その2である。

【図5】本発明の一実施形態に係わるトルク発生装置の作用を示す図その3である。

【図6】本発明の一実施形態に係わるトルク発生装置の作用を示す図その4である。

【図7】本発明の他の実施形態に係わるトルク発生装置の構成を示す図である。

【図8】本発明の一実施例に係わるトルク発生装置の構成を示す一部破断側断面図である。

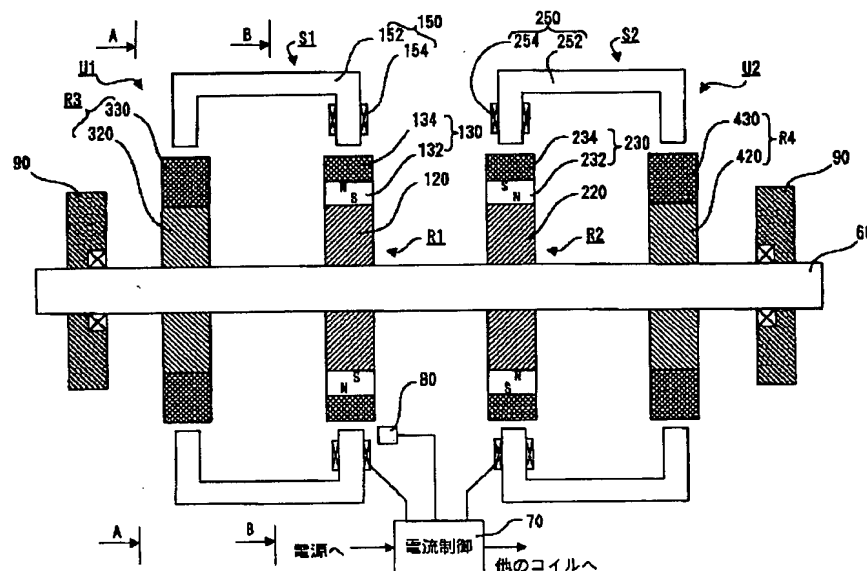
【図9】本発明の一実施例に係わるトルク発生装置の構成を示す図8の矢視図である。

【図10】本発明の一実施例に係わるトルク発生装置に用いられる遮光板の平面図である。

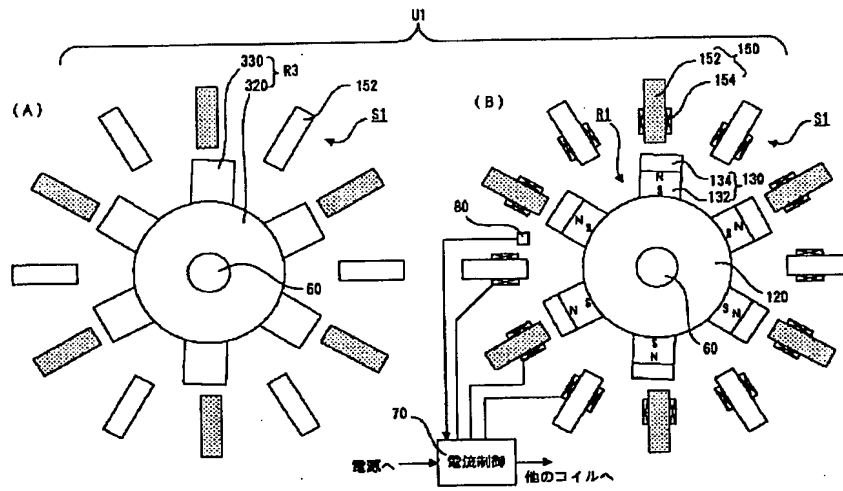
【符号の説明】

R 1, R 2, R 3, R 4	ロータ
S 1, S 2	ステータ
1 3 0, 2 3 0, 3 3 0, 4 3 0	突極
1 3 2, 2 3 2, 1 3 2'	永久磁石
1 3 4, 2 3 4	磁性体ヘッド
1 5 0, 2 5 0	電磁石
1 5 2, 2 5 2	アーマチャー
1 5 4, 2 5 4	コイル
6 0	回転軸
7 0	電流制御装置
8 0	回転角センサ
9 0	軸受
5 0 0	ケーシング
6 0 0	光センサ
6 1 0	遮光板

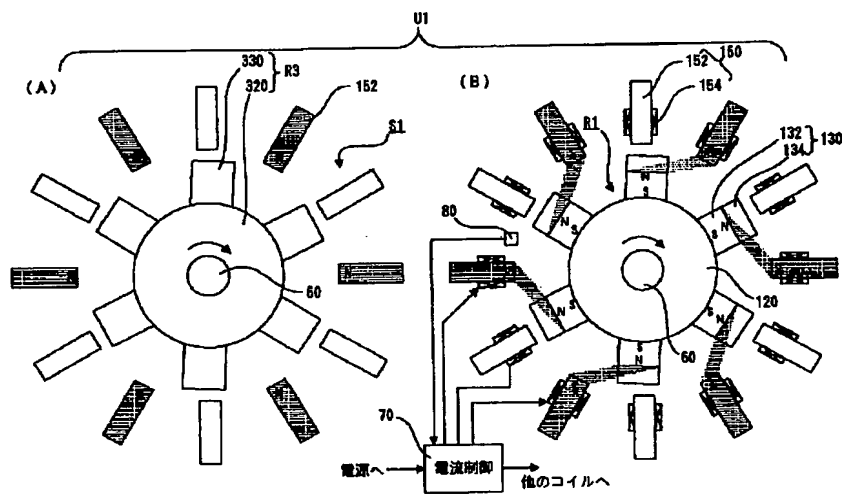
【図1】



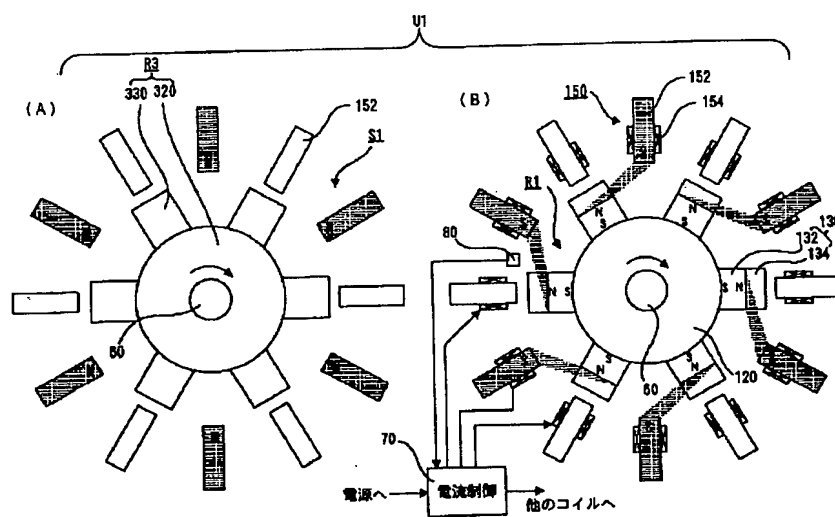
【図 2】



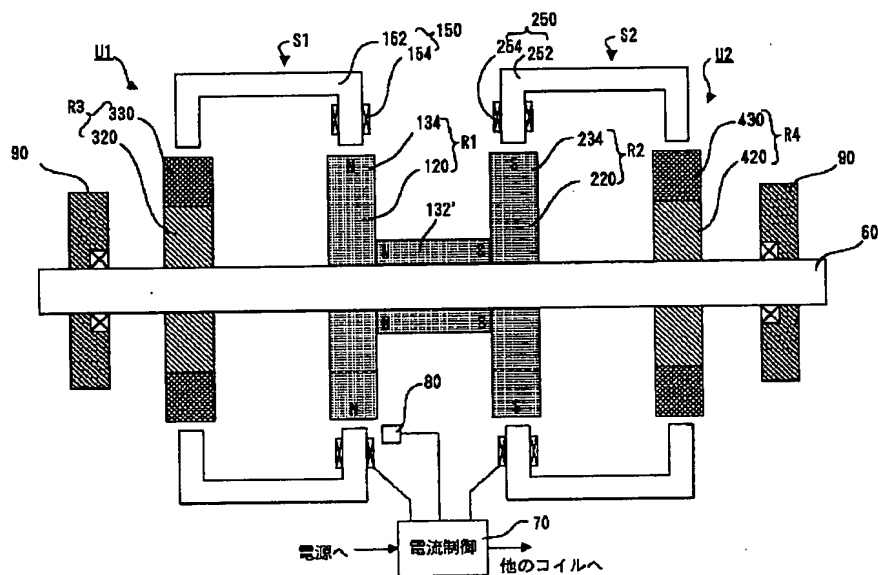
【図 3】



【図 6】



【図 7】



【図 9】

